

令和 3 年 6 月 10 日現在

機関番号：16401

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18K05014

研究課題名(和文) 海底下流体循環の直接観測に向けた物理・化学多次元観測プラットフォーム開発

研究課題名(英文) Development of in-situ multidimensional physicochemical platform for direct subseafloor fluid flow observation

研究代表者

野口 拓郎 (NOGUCHI, Takuroh)

高知大学・教育研究部総合科学系複合領域科学部門・准教授

研究者番号：90600643

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、海底鉱物資源の効率的な探査や、開発時の環境影響調査に資する“海底下長期観測システム”の開発、ならびに運用手法の構築を目指したものである。先行研究で開発を進めてきた現場間隙水採取装置等の海底下観測機器を改良し、海底での長期的な物理化学モニタリング機能を追加したほか、観測現場においてハウジング化した固相抽出樹脂を用いて元素濃縮する機能を実装した。コロナ禍の影響により、当初予定していた深海調査での運用試験を実施することができなかったが、耐圧試験機内での運用試験により各種データの獲得が進んでおり、実環境での運用が可能な状態となった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、海底下の物理化学環境を中長期的に連続観測するとともに、化学・同位体分析に向けて間隙水からの重金属元素の現場濃縮機能を付加する技術開発である。本研究成果の学術的・社会的意義としては、開発した装置を運用することによって、例えば海底熱水活動域など非従来型資源埋蔵域において、有用金属がどこに・どのように偏在するかを直接観測することが可能になることから探査手法として活用できるほか、将来の海底資源開発に向けて効率的な元素回収計画の立案が可能となる。また、有害元素の拡散による海洋汚染のリスクを評価することが可能となる。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this research is to develop an undersea long-term observation system that contributes to efficient exploration of seafloor mineral resources and environmental impact assessment during development, and also to construct an operation method. In this research, we improved the undersea observation equipment such as the on-site interstitial water sampling device, which has been developed in the previous research. We added not only some long-term physicochemical monitoring sensors on the seabed, but also deployed the function of heavy metal elements concentration function using solid-phase extraction resin at the observation site. Due to the influence of the corona disaster, it was not possible to carry out the operation test in the deep sea survey that was originally planned, but various data are being acquired by the operation test in the pressure resistance tester, and the operation in the actual environment is progressing.

研究分野：地球化学

キーワード：海底下現場計測 間隙水 重金属元素 現場濃縮

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

(1) 1977年に東太平洋海域において海底熱水活動の発見以来、熱水噴出活動によって沈積する金や銀など高付加価値金属濃集に関する資源学的研究や始原微生物研究など学際的な研究が精力的に続けられている。潜水艇を用いた調査によって、高温の熱水噴出域の調査が進んでいるのに対して、周辺部の低温熱水噴出や、熱水噴出域海底下における流体循環などについては情報が不足しており、熱水循環による物質収支を見積る上でのボトルネックとなっている。

(2) 海底下における流体循環を観測する手法として、現状では、ピストンコアリング等の手法で柱状の海底堆積物を採取し、深度ごとに試料を切り分け、構成鉱物の同定や、絞り出した間隙水の化学分析を実施する方法に限られる。コアリングおよび試料分配の過程では、空気中の酸素による酸化や、温度・圧力変化による鉱物の溶解・再沈殿現象も見られ、現場の環境を完全に保持することが難しい。そこで、海底下の流体循環の指標となる pH や温度、酸化還元電位等の物理化学因子の長期観測や、間隙水試料の現場抽出技術などに学術的ニーズが集まっている。

2. 研究の目的

(1) 本研究では、先行研究により開発を進めている現場間隙水採取装置 (PileBunker) および海底下観測プラットフォーム (SpearHead) を改良し、海底下物理化学環境の中長期連続観測ならびに化学・同位体分析に向けた現場濃縮機能を付加するとともに、水文学モデル構築に向けた実海域運用と予察データを取得することを目的とした。

3. 研究の方法

(1) 間隙水の現場抽出・濃縮手法開発と実装

先行研究で開発した現場間隙水採取装置 (Pilebunker) をベースとして、多量サンプリングを可能にするため、ガスタイトシリンジを用いた多連シリンジポンプと、流路切り替えバルブの実装を行う。また、間隙水からの重金属元素回収を行うため、間隙水採取流路にインラインフィルタ状の固相抽出樹脂を組み込む。なお、固相抽出樹脂の抽出条件を検討する必要があるため、卓上で模擬海水試料等を用いて抽出条件に関する基礎検討を行う。

(2) 海底下物理化学環境の長期センシング技術開発

先行研究で開発した大型の海底下観測プラットフォーム (SpearHead) を用いて、各種物理化学センサを実装し、海底下長期観測に資する各種要素技術の取得、ならびに運用手法の検討を行う。

4. 研究成果

(1) ガスタイトシリンジを用いた多連ポンプ実装

先行研究での開発した現場間隙水採取装置 (Pilebunker) では、テルモ社製の 2.5mL ディスポーサブルシリンジに合わせたシリンジポンプを使用していた。本研究では、複数回ストロークによる多量試料の送液を実現するために、TRAJAN/SGE 社の 5mL ガスタイトシリンジを用いることとし、シリンジ駆動治具について設計・加工し、Pilebunker へと実装した。

(2) 固相抽出樹脂に関する各種一般金属回収条件基礎検討

間隙水からの重金属元素の効率的な抽出条件の確立を目的として、2種類のキレート樹脂 (NOBIAS CHELATE-PA1 (日立ハイテックフィールドディング社) およびエムポアディスクカートリッジキレート (スリーエムジャパン社)) を用いて、卓上での基礎検討を実施した。特に、試料溶液の液性 (pH 4 ~ 10) や送液流速、含有元素濃度を変化させた模擬試料を用い、銅や亜鉛、鉛やカドミウムなどの一般金属の回収に関する最適条件を確立した。また、アルカリ金属やアルカリ土類金属などの海水・間隙水中の主成分元素を除去することにより、希土類元素の濃縮・生成から誘導結合プラズマ (ICP) 分析までの一連の分析手法を確立することができた。本検証実験で確立した手法を用いて、2017年に沖縄トラフの多良間海丘から初めて採取された 300 を超える高温熱水試料の分析を実施した (投稿準備中)。

(3) インライン化する固相抽出樹脂の選定

使用した2種の固相抽出樹脂においては、海水と同程度の pH (6~8) では高い回収率を得ることができるが、NOBIAS CHELATE-PA1の方が pH 変化による回収率の変化が小さく、また化学分析で用いた ICP 分析において妨害元素となるアルカリ金属等の溶出分離効率が良いことから、インライン化を実施する固相抽出樹脂として、NOBIAS CHELATE-PA1を選定した。

(4) 元素濃縮ユニットの実装

(3) で選定した固相抽出樹脂をハウジング化し、シリンジポンプを用いた濃縮・抽出条件に関する検証実験を行い、(2) と同等の回収率を得られる条件を確立した。また、PileBunker へと実装し、耐圧試験水槽内での作動確認を実施した。

(5) 海底下物理化学環境の長期センシング技術開発

先行研究で開発した大型の海底下観測プラットフォーム (SpearHead) に、温度や pH、酸化還元電位等の各種物理化学センサを実装し、東京海洋大学の「青鷹丸」において運用試験を実施した。特に本研究では、先行研究開発当初の被圧型の樹脂モールド方式の海中センサから、長期観測を目的として、物理化学センサの耐圧容器格納化を実施した。本プラットフォームは、自重で海底下へと貫入する方法で設置するため、貫入時の衝撃や摩擦熱による影響を除去をすることを目的として、新たなセンサヘッド取り付け治具を使用する改良を加えたほか、待機時間等の運用手法を確立した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件／うち国際共著 1件／うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Fukuba Tatsuhiro, Noguchi Takuroh, Okamura Kei, Fujii Teruo	4. 巻 9
2. 論文標題 Adenosine Triphosphate Measurement in Deep Sea Using a Microfluidic Device	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Micromachines	6. 最初と最後の頁 370～370
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3390/mi9080370	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Seto Koji, Saito Makoto, Noguchi Takuroh, Sonoda Takeshi, Katsuki Kota	4. 巻 25
2. 論文標題 Effects of inlet excavation and climate oscillation on the ecosystem of a fishery lagoon in northern Japan	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Regional Studies in Marine Science	6. 最初と最後の頁 100458～100458
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.rsma.2018.100458	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Asada Miho, Moore Gregory F., Kawamura Kiichiro, Noguchi Takuroh	4. 巻 42
2. 論文標題 Mud volcano possibly linked to seismogenic faults in the Kumano Basin, Nankai Trough, Japan	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Marine Geophysical Research	6. 最初と最後の頁 1-16
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s11001-020-09425-7	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計9件（うち招待講演 0件／うち国際学会 2件）

1. 発表者名 Katsuki, K., Seto, K., Nakata, H., Noguchi, T., Tsujimoto, A., Sonoda, T., Yang, D.-Y.
2. 発表標題 Effects of short-term climate oscillation on ecosystem of eutrophic lagoons
3. 学会等名 INQUA2019, Dublin, Ireland（国際学会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hatta, M., Okamura, K., Noguchi, T.
2. 発表標題 High-precision measurement method of dissolved manganese concentration in sea water as a tracer of ocean floor hydrothermal exploration
3. 学会等名 4th ISNPEADAM 2019, Corsica island, France (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 横田瑛里, 山中寿朗, 岡村慶, 野口拓郎, 土岐知弘, 角皆潤, 大西雄二, 牧田寛子
2. 発表標題 南部沖縄トラフ多良間海丘で発見された高温熱水活動域で採取された熱水チムニーの鉱物組成と熱水の地球化学
3. 学会等名 2019年度日本地球化学会年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 井尻暁, 星野辰彦, 北田数也, 土岐知弘, 村山雅史, 野口拓郎, 芦寿一郎, KH19-5航海乗船者一同
2. 発表標題 種子島沖海底泥火山の活動度調査速報
3. 学会等名 日本地質学会第126年学術大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 沖野郷子, 藤井昌和, 新城竜一, 岡村慶, 野口拓郎, 田村千織, 蘇志杰, 許鶴瀚, 張日新, 宇野芳江, 増田夏美
2. 発表標題 久米島北方・西方海域のテクトニクス：新青丸KS-17-14航海速報
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2018年大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 岡村慶, 野口拓郎
2. 発表標題 海底資源探査のための海中化学観測機器開発
3. 学会等名 第27回海洋工学シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 安部祥太郎, 岡村慶, 野口拓郎, 八田万有美
2. 発表標題 海水アルカリ度の混合指示薬による高精度比色滴定法の開発
3. 学会等名 2018年度日本地球化学会年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 宮本洋好, 岡村慶, 野口拓郎, 八田万有美
2. 発表標題 紫外分光光度法を用いた海水中溶存硝酸態窒素濃度の現場分析法の開発
3. 学会等名 第80回日本分析化学会討論会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 宮本洋好, 岡村慶, 野口拓郎, 八田万有美
2. 発表標題 紫外吸光度法を用いた海水中硝酸塩の現場分析法の検討
3. 学会等名 2020年度日本地球化学会(第67回)
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担者	岡村 慶 (OKAMURA Kei) (70324697)	高知大学・教育研究部総合科学系複合領域科学部門・教授 (16401)	

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 協力者	棚原 朗 (TANAHARA Akira)	琉球大学・理学部・教授 (18001)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------